



Facultad de Veterinaria  
**Universidad** Zaragoza



# Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

---

# ÍNDICE

1. RESUMEN / ABSTRACT .....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	1
3. JUSTIFICACIÓN.....	2
4. OBJETIVOS .....	3
5. METODOLOGÍA.....	4
6. REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	4
6.1. EL SECTOR PORCINO A NIVEL MUNDIAL .....	4
6.1.2. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, CANADÁ Y BRASIL.....	6
6.1.3. UNIÓN EUROPEA.....	7
6.2. EL SECTOR PORCINO EN ESPAÑA Y ARAGÓN .....	8
6.2.1. DISTRIBUCIÓN DE COSTES DEL CERDO DE CEBO EN ESPAÑA .....	13
6.3. ALIMENTACIÓN .....	14
6.3.1. FORMULACIÓN DEL PIENSO .....	17
6.3.2. SOJA.....	18
6.3.2.1. INCONVENIENTES DE LA SOJA.....	21
6.3.2.2. POSIBLES ALTERNATIVAS AL USO DE SOJA .....	22
6.3.2.2.1. OLEAGINOSAS .....	23
6.3.2.2.2. PROTEAGINOSAS.....	26
7. CONCLUSIONES .....	30
8. VALORACIÓN PERSONAL .....	31
9. BIBLIOGRAFÍA.....	32

## **1. RESUMEN / ABSTRACT**

### “Alternativas proteicas a la harina de soja en la alimentación de cerdos de cebo”

En el presente trabajo se revisan, en primer lugar, los aspectos técnico-económicos más importantes de la producción de cerdo de cebo en el mundo (con especial atención a los tres productores más importantes a nivel global), la Unión Europea y España. Siendo los costes de alimentación los más importantes, a continuación, se detallan los factores que afectan a la eficiencia de la dieta administrada a los cerdos, con especial hincapié en la cantidad y calidad de la proteína aportada. Seguidamente, se resalta la importancia de la harina de soja como ingrediente proteico principal de las dietas para estos animales, discutiéndose su composición nutricional e inconvenientes para su utilización en España. Por último, se proponen materias primas alternativas con potencial para sustituir a la harina de soja, y se efectúa un análisis sobre la viabilidad de las mismas en España.

### “Protein alternatives to soybean meal in pig feeding”

The most important technical and economic aspects of the pig meat production worldwide (focusing on the three largest producers globally), in the European Union and in Spain are reviewed. Next, given that animal feeding is the most crucial part of the costs, the factors that contribute to the efficiency of the diet fed to the pigs are described, emphasizing the quantity and quality of the protein used. Then, the importance of soybean meal as the main protein source used in the diet formulation for said animals is highlighted, further discussing its nutritional composition and disadvantages for its use in Spain. Finally, alternative raw materials with the potential to replace soybean meal are proposed, and an analysis is made assessing their viability in Spain.

## **2. INTRODUCCIÓN**

La producción porcina se define como la actividad resultado de la combinación de la cría, alimentación y comercialización del cerdo para obtener el mejor aprovechamiento posible (Instituto Nacional de Economía Social del Gobierno de México, 2018). Según las últimas investigaciones, se piensa que esta actividad pudo originarse hace unos 9.000 años de forma convergente en Oriente Medio y China (Hirst, 2020), de donde paulatinamente se ha ido extendiendo por prácticamente todos los países del mundo, hasta el punto de llegar a rivalizar con la carne de ave por el primer puesto de carne más consumida a nivel global (46.854 miles de toneladas de carne de ave frente a 40.325 miles de toneladas de carne de cerdo; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2020). Aunque el objetivo principal de la ganadería porcina sea el de la obtención de carne para alimentación humana,

podríamos hacer valer el típico refrán “del cerdo, hasta los andares”, ya que también se aprovechan la piel, sangre, huesos y otros subproductos para emplearlos en sectores tan dispares como el textil o el de la medicina.

La producción porcina se ha ido intensificando a lo largo de la historia, especialmente en las últimas décadas, hasta finalmente convertirse en un sector altamente especializado, en el que una cantidad constantemente creciente de animales, de un grupo reducido de razas, se crían en cada vez menos granjas con un incremento de su rendimiento productivo. Este es el resultado de la uniformidad global del sector, en el que se ha estandarizado la genética empleada, la alimentación y las infraestructuras utilizadas. Por otro lado, siguen sobreviviendo formas tradicionales de producción, que en los países desarrollados están limitadas principalmente a la ganadería ecológica, demostrando la viabilidad de sistemas alternativos vinculados con los mercados locales. Por otra parte, en los países en vías de desarrollo las formas tradicionales de producción se traducen en una ganadería a pequeña escala, de tipo familiar y de subsistencia, que ocupa aproximadamente el 50% de la producción nacional; en estas situaciones, el cerdo no se limita a ser únicamente una fuente de proteína, sino que supone una fuente de ingresos esencial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014).

En la producción intensiva de cerdos de cebo, el sistema de alimentación es un factor clave para optimizar los rendimientos productivos, dependiendo de su elección el nivel de rentabilidad de la explotación. Su importancia queda ampliamente reflejada en el hecho de ser el coste de producción al que se ha de destinar una mayor inversión (Paramio *et al.*, 2003). Analizando las necesidades nutricionales de los cerdos en cebo desde el punto de vista económico, las proteínas suponen el segundo mayor gasto de la dieta tras la energía, motivo por el cual la composición proteica y aminoacídica de la soja la sitúan como un ingrediente de gran relevancia en la alimentación porcina, más aun si cabe con la prohibición en el territorio europeo del uso de harinas de carne (Pérez Hernández, 2010). Al tratarse la soja de un producto cultivado en su mayoría fuera de Europa, la industria porcina de este continente se ve obligada a recurrir de forma reiterada a la importación (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2019c), por lo que encontrar alternativas de origen local a la soja se antoja vital para que el sector porcino pueda alcanzar su autosuficiencia proteica.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El sector porcino se erige como un pilar clave en la economía de nuestro país, ocupando el primer lugar en cuanto a importancia económica dentro de las producciones ganaderas

(Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2019e). La alimentación de los animales, principalmente en la fase de cebo, supone la mayor parte de los costes (SIP Consultors, 2019), por lo que es imprescindible realizar una utilización eficiente de los recursos disponibles para garantizar la rentabilidad de las explotaciones.

En la actualidad la harina de soja es la fuente proteica más utilizada en los piensos compuestos para cerdos (Menegat *et al.*, 2019). Sin embargo, su coste y disponibilidad están fuertemente relacionados con la evolución de los precios agrícolas en el mercado mundial, que dependen a su vez de las variaciones en la población y crecimiento económico, de los cambios en las preferencias en el consumo y del rendimiento de las cosechas (Islas-Rubio e Higuera-Ciajara, 2002). Por ello, es sumamente interesante la posibilidad de introducir en los piensos para animales materias primas de origen local como fuentes proteicas, ya que facilita el contacto entre productores y clientes, permitiendo el acceso a ingredientes de mejor calidad y una disponibilidad más homogénea de los mismos.

Por otra parte, la agricultura ecológica no acepta el uso de subproductos de las semillas de oleaginosas obtenidos mediante procesos de extracción con disolventes, ni el uso de materias primas modificadas genéticamente (como lo es gran parte de la soja); además, también está prohibida la suplementación con aminoácidos sintéticos (REGLAMENTO (UE) 2018/848 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.º 834/2007 del Consejo. Por ello, es crucial la búsqueda de alternativas que satisfagan las necesidades de aminoácidos de los animales en los sistemas de producción ecológica.

#### **4. OBJETIVOS**

Con este trabajo se pretende realizar una revisión bibliográfica sobre las características actuales de la ganadería porcina mundial, europea y nacional, facilitando definiciones, y datos productivos y económicos que ayuden a entender mejor la situación del sector. Se hace especial hincapié en la orientación productiva del cebo, con especial énfasis en la alimentación, al suponer el mayor porcentaje de los costes de producción.

Posteriormente se destaca la dependencia que sufre el sector de los productos derivados de la soja, y se plantean alternativas de origen local que puedan dotar al sector de autosuficiencia proteica de manera eficiente.

## **5. METODOLOGÍA**

El presente trabajo ha sido elaborado mediante el formato de revisión bibliográfica, para la cual se ha realizado una búsqueda y recopilación de información técnica proveniente de distintas fuentes, principalmente artículos académicos y libros, así como la visita a páginas web de referencia como la de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) y a revistas virtuales del ámbito agro-ganadero. En cuanto a los datos estadísticos y económicos, se ha recurrido a la información facilitada por organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Comisión Europea, así como a los documentos publicados en la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (MAPAMA).

Palabras clave: Porcino, Cebo Intensivo, Alimentación, Soja, Proteína, Aminoácido, Alternativa.

## **6. REVISION BIBLIOGRÁFICA**

### **6.1. EL SECTOR PORCINO A NIVEL MUNDIAL**

El crecimiento continuo de la población, junto con la reestructuración económico-social que se está llevando a cabo en países en vías de desarrollo, ha provocado un aumento generalizado de la demanda mundial de proteína de origen animal, previéndose un incremento anual del 1,5% en el consumo total de carne per cápita (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017). Ello supone que el sector cárnico se vea continuamente empujado a la búsqueda de sistemas cada vez más intensivos, que aseguren una alta producción con costes muy ajustados. En este sentido destaca la producción de animales monogástricos, estando el primer lugar ocupado por el sector avícola (con alrededor del 38,1% de las toneladas totales producidas de carne) y el segundo por la industria porcina (con aproximadamente el 35,8%) (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019). El origen de la mayor parte de la carne de porcino se encuentra en las industrias de China, Estados Unidos y la Unión Europea, tal y como se muestra en la Figura 1.

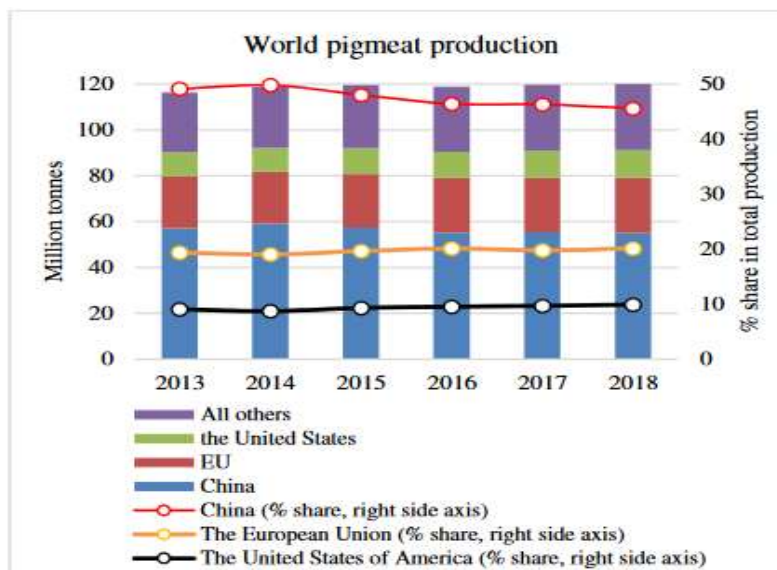


Figura 1. Evolución de la producción mundial de la carne de cerdo (en millones de toneladas) en el período 2013-2018. Fuente: FAO (2019)

#### 6.1.1. CHINA

China se postula como el mayor productor mundial de carne de cerdo, con alrededor del 50% del total; sin embargo, su mercado está orientado totalmente al autoconsumo, debido tanto a su elevada población como a que ésta posee uno de los mayores consumos de carne de cerdo per cápita del mundo (33,8 kg/año, siendo la más consumida en el país (Whitnall y Pitts, 2019)). Según McOrist *et al.* (2011), su sistema productivo se sustenta en tres tipos de explotaciones: 1.- granjas familiares que permiten la conservación de las razas locales, 2.- productoras a pequeña escala que actualmente proveen el 60% de la producción, y 3.- un número creciente de granjas comerciales de gran tamaño que, concentrándose en los alrededores de Pequín, Shanghái y Guangzhou, han permitido el aumento de la eficiencia productiva del país asiático (Alltech, 2006). La producción de carne de cerdo en China presenta, sin embargo, una serie de factores limitantes (McOrist *et al.*, 2011):

- La escasez de cultivos locales de las materias primas que componen los piensos porcinos, principalmente maíz y soja, y el aumento de sus precios, debido por una parte a la competición impuesta por el sector de la producción de biodiesel, y por otra a la guerra comercial comenzada en el 2018 entre China y Estados Unidos (su mayor proveedor de ambos tipos de grano) (Zhang, 2019).
- La generalización de un sistema de granjas de ciclo cerrado, con deficientes medidas de aislamiento y cuarentena, y sin separación por edades, permite la activa circulación de virus, lo cual se ve agravado por la falta de experiencia y formación de granjeros y veterinarios. Asimismo, la falta de medios de los laboratorios veterinarios provinciales

afectan a la capacidad de diagnóstico de las enfermedades, permitiendo la aparición de brotes y su fácil diseminación e incapacidad de control. Este ha sido el caso del brote de peste porcina africana (2019), que ha acarreado grandes pérdidas para el sector.

- La ausencia de algún tipo de organización que dé voz a granjeros y productores de cerdo, permitiendo así una mejora en las condiciones comerciales, productivas y sanitarias de las explotaciones chinas.
- La creciente demanda por parte de la población de carnes de razas magras con origen europeo y americano, en lugar de las típicas carnes grasas de razas autóctonas.

La suma de todos estos factores ha llevado a que China sea el mayor importador de carne de cerdo mundial, sirviéndose de los productores europeos y americanos para satisfacer su demanda (McOrist *et al.*, 2011).

#### **6.1.2. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, CANADÁ Y BRASIL**

Estados Unidos se caracteriza por la producción industrializada de carne de cerdo para consumo principalmente doméstico, llevada a cabo por grandes empresas ganaderas mediante un sistema de integración vertical (grandes empresas suministran al ganadero el alimento, medicamentos, servicios técnicos y los animales, mientras que, el ganadero aporta las instalaciones y la mano de obra (Inga Food, 2017)). En palabras del veterinario y socio de la empresa porcina AMVC Daryl Olsen, este sistema “permite a los granjeros tener una mayor independencia económica mientras mantienen la ventaja y seguridad de pertenecer a una entidad de mayor importancia” (Queck-Matzie, 2019). El desarrollo sobresaliente de la industria cárnica estadounidense, que se posiciona en el tercer puesto del ranquin mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019), se encuentra directamente ligado a la producción de maíz (fuente básica de energía en las dietas) y soja (fuente estandarizada de aminoácidos), las materias primas más importantes para el sector porcino en la actualidad, de las que es el mayor productor mundial (Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura, 2020). La producción porcina estadounidense prioriza la demanda local, por lo que es principalmente destinada al consumo doméstico (Shen y Orr, 2006), lo cual no le impide destacar como el segundo mayor exportador del mundo, sólo por detrás de la Unión Europea, exportando aproximadamente un 24,7% de su producción total (lo cual equivale a 3.221.000 toneladas de carne) (USDA, 2020), sirviéndose de sus precios competitivos en el mercado, la estabilidad importadora de clientes como Japón y México, y el aumento de las ventas en países como Corea del Sur y Colombia para salvar el descenso de las exportaciones a China (Borrór, 2019). En la actualidad, el sector



porcino norteamericano centra sus esfuerzos en mejorar las condiciones de bienestar animal y reducir el impacto medio-ambiental para adecuarse así a las demandas del consumidor, y por otro lado en mejorar el sistema de trazabilidad para garantizar la seguridad alimentaria, especialmente en lo relacionado con las exportaciones de carne de cerdo (Jones, 2006).

Para finalizar el análisis de la producción porcina en el continente americano debemos destacar a Canadá y Brasil, que siguen una política de mercado diferente al estadounidense. El objetivo de los esfuerzos productivos de estos dos países se centra en la exportación, en lugar de en el mercado local (Shen y Orr, 2006), ya que se trata de países tradicionalmente poco consumidores de carne y productos porcinos. Esta afirmación se basa en las estadísticas sobre consumo *per cápita* de carne de la OCDE (2020), que señalan que el consumo de cerdo queda relegado a un tercer lugar en ambos países. Esta situación de focalización en el mercado exterior resulta especialmente llamativa en el caso de Canadá, que al poseer una gran extensión geográfica y una reducida población puede permitirse exportar más del 67% de su producción anual (USDA, 2020); siendo Estados Unidos su principal cliente, con una cuota del 40% del total exportado (Shen y Orr, 2006).

### 6.1.3. UNIÓN EUROPEA

La Unión Europea es el segundo productor mundial de carne de cerdo, con más de 21 millones de toneladas producidas en el curso del año 2019 (EUROSTAT, 2020). También es líder en el mercado de las exportaciones, recibiendo China el 36% de las mismas (Carazo Jiménez, 2018),

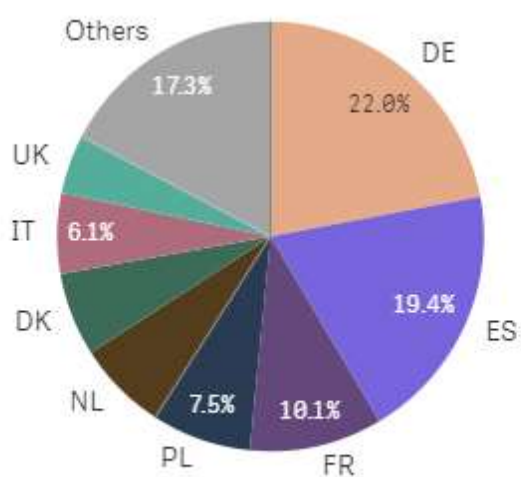


Figura 1. Distribución por países en porcentaje de la producción de carne porcina en la Unión Europea durante el año 2019. Fuente: EUROSTAT (2020)

gracias a esto el sector porcino se sitúa como el de mayor impacto, dentro de las producciones ganaderas, en la economía europea (Oficina Europea de Estadística, 2019). Los resultados tan favorables del sector dependen de la actividad de dos países que suman más de un 40% de la producción porcina europea: Alemania, con un 22%, y España con un 19,4% (Figura 2).

En lo que respecta a los sistemas de producción destacan dos: el de especialización y el de integración

(Carazo Jiménez, 2018), que son parte clave del éxito europeo En el sistema de especialización

se forma una cadena con numerosos eslabones independientes y muy especializados (fabricación de piensos, engorde, mataderos...), y es propio de países como Polonia o Países Bajos . Por otro lado, en el sistema de integración la cadena se reduce prácticamente a dos componentes: el integrador y el integrado. Grandes empresas actúan como integradores, comprometiéndose a suministrar las materias primas (genética, ganado...) y los medios necesarios para el cuidado de los animales (alimentación, medicamentos y material), y a proveer asistencia y asegurar al integrado la compra de los animales producidos a cambio de su mano de obra e instalaciones. En Europa este sistema es prácticamente exclusivo de la producción española.

El gran éxito de la Unión Europea ha sido el de posicionarse como mayor exportador mundial de carne de cerdo, a pesar de tener unos precios menos competitivos de sus productos que sus principales rivales (Estados Unidos, Canadá y Brasil), lo cual puede entenderse a partir de los siguientes factores (Carazo Jiménez, 2018):

- El cambio de una producción orientada a la cantidad a otra en la que prima la calidad (Shen y Orr, 2006), permitiendo que las empresas exportadoras gocen de una buena imagen de fiabilidad.
- El mantenimiento de unas normas higiénico sanitarias de gran prestigio internacional.
- La existencia de un tejido empresarial dinámico, muy especializado y con gran capacidad de innovación.
- La amplia variedad de mercados y productos, que permiten que exista una gran complementariedad entre las líneas de negocio domésticas e internacionales (hay productos no consumidos en Europa que son muy demandados en otros países).

## **6.2. EL SECTOR PORCINO EN ESPAÑA Y ARAGÓN**

Con un 14% de la Producción Final Agraria, y casi un 39% de la Producción Final Ganadera, queda patente la relevancia económica que supone para España el sector porcino (Carazo Jiménez, 2018). A nivel internacional, España ocupa el cuarto puesto en lo que a producción se refiere (tras China, Estados Unidos y Alemania), con una tasa de autoabastecimiento del 170,9% ( Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2019e). Ello deriva en la exportación como medio para equilibrar el mercado, encontrando en países como China, Japón y Francia una salida lucrativa al excedente.

Para entender la producción porcina española de cebo es necesario aclarar una serie de términos que se corresponden con estadios evolutivos del animal hasta que llega al matadero (Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP), 2015):

- Lechón neonato: cerdo recién nacido hasta los 7 días de vida.
- Lechón lactante: cerdo desde su nacimiento hasta el destete. Es alimentado total o parcialmente de leche durante este período cuya duración se prolonga hasta que el animal tiene alrededor de 21 días de vida.
- Destete: práctica de manejo que consiste en la interrupción de la lactación y por tanto de la relación madre-lechón.
- Lechón destetado: cerdo que ha finalizado el proceso de destete y al que por tanto se le ha suprimido totalmente el consumo de leche.
- Cerdo de recría: cerdo que se encuentra en el período productivo intermedio entre el destete y el inicio de la fase de cebo (transición). Tiene una duración de entre 5 y 7 semanas (Paramio *et al.*, 2003), durante la cual el animal es alimentado con piensos de adaptación para evitar la aparición de problemas digestivos (hasta que el animal alcanza los 20-25 kg de peso vivo).
- Cerdo de cebo: cerdo (cuyo sistema digestivo se encuentra totalmente desarrollado) en el último eslabón de la cadena productiva, teniendo una duración de 14-15 semanas, hasta que el cerdo alcanza entre 95-105 kg (dependiendo del objetivo final, pudiéndose prolongar el tiempo y el peso en caso de buscar productos curados o embutidos). De forma general, en esta fase se suelen clasificar los cerdos entre inicio de cebo (20-60 kg), fase intermedia (60-95) y fase final (>95kg) para poder formular dietas que cubran de forma precisa las necesidades de los animales y así conseguir el máximo rendimiento productivo con elevadas tasas de crecimiento, buenos índices de transformación y calidad de la carne adecuada.

La estructura de la producción porcina intensiva española, y su terminología, vienen determinadas en el Artículo 3 del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo. Respecto a la fase de cebo, se indica lo siguiente:

1. Según la orientación zootécnica, las explotaciones que pueden inferir en la producción de porcino de cebo, se pueden clasificar en:
  - a. Ciclo cerrado: todo el proceso productivo (nacimiento, cría, recría y cebo) se realiza en la misma explotación, empleando exclusivamente animales provenientes de la producción propia.
  - b. Producción de lechones: el proceso productivo se encuentra limitado al nacimiento y la cría hasta el destete, (pudiéndose prolongar hasta la recría de los lechones), para a continuación ser enviados a cebaderos autorizados.

- c. Tipo mixto: explotaciones en las que parte de los lechones nacidos en la explotación son enviados para su recría y/o cebo en cebaderos autorizados, mientras que el resto de los lechones permanecen en la instalación durante la totalidad del ciclo productivo.
  - d. Cebo: explotaciones cuya producción se limita al engorde de animales con destino a matadero.
2. Según la capacidad productiva, medida en UGM (unidad ganadera mayor, con equivalencia de 0,12 por cerdo de cebo), las explotaciones con fase de cebo se pueden clasificar en:
- a. Grupo primero: con capacidad hasta 120 UGM.
  - b. Grupo Segundo: con capacidad entre 120 y 360 UGM.
  - c. Grupo tercero: con capacidad entre 360 y 720 UGM, pudiendo aumentar hasta un 20% la capacidad máxima con autorización de la comunidad autónoma.
  - d. Grupo reducido: con capacidad menor a 4,8 UGM.
  - e. Grupo especial: en este se engloban las explotaciones de selección, de multiplicación, los centros de agrupamiento de reproductores para desvieje, los centros de inseminación artificial, las explotaciones de recría de reproductores, las de transición de reproductoras primíparas y los centros de cuarentena.

El sector porcino español puede dividirse en dos subsectores claramente diferenciados en cuanto a objetivos, metodología y manejo:

1. Porcicultura extensiva: se fundamenta en el aprovechamiento con fines económicos de los recursos agroforestales (bellota, montanera...) por parte de cerdos mediante el pastoreo, (pudiéndose complementar con pienso y otras materias primas vegetales), siempre que en la fase de cebo estos recursos naturales sean la base de la alimentación (RD 1221/2009, de 17 de julio). Es el sistema típico de la producción de cerdo ibérico, predominando en zonas del sudoeste peninsular donde abunda el ecosistema de dehesa. Permite el mantenimiento medioambiental y económico, buscando un producto de mayor calidad y no un manejo agresivo del tiempo y los precios (Acero Adámez, 2008).
2. Porcicultura intensiva: en este sistema los ganaderos alojan a los animales en la misma instalación donde se les suministra la alimentación (pienso compuesto), aceptándose la instalación al aire libre denominada sistema camping. El sistema intensivo es el seguido por el 90% de las explotaciones españolas (Paramio *et al.*, 2003). El objetivo es

obtener una variedad de productos de calidad y precio asequible que puedan competir con otros productos cárnicos alternativos. Para su consecución es necesaria una gran inversión en tecnología (incluyendo infraestructuras y equipos de gestión, manejo, alimentación y control ambiental) y mano de obra de alta cualificación, puesto que se manejan animales de alto potencial genético en un medio artificial (Acero Adámez, 2008).

La producción porcina en España ha sufrido cambios importantes en el censo de explotaciones (Figura 3). Así, mientras que la ganadería extensiva experimenta un pequeño crecimiento, la fracción más importante del sector ha disminuido en más de un 8% desde el 2007. Sin embargo, a día de hoy la ganadería porcina nacional alcanza cifras récord, con más de 30,8 millones de animales censados y unos niveles productivos sólo superados por Alemania en Europa (MAPAMA, 2019). Este fenómeno es el mejor indicador del grado de sofisticación y eficiencia de los productores del sector.

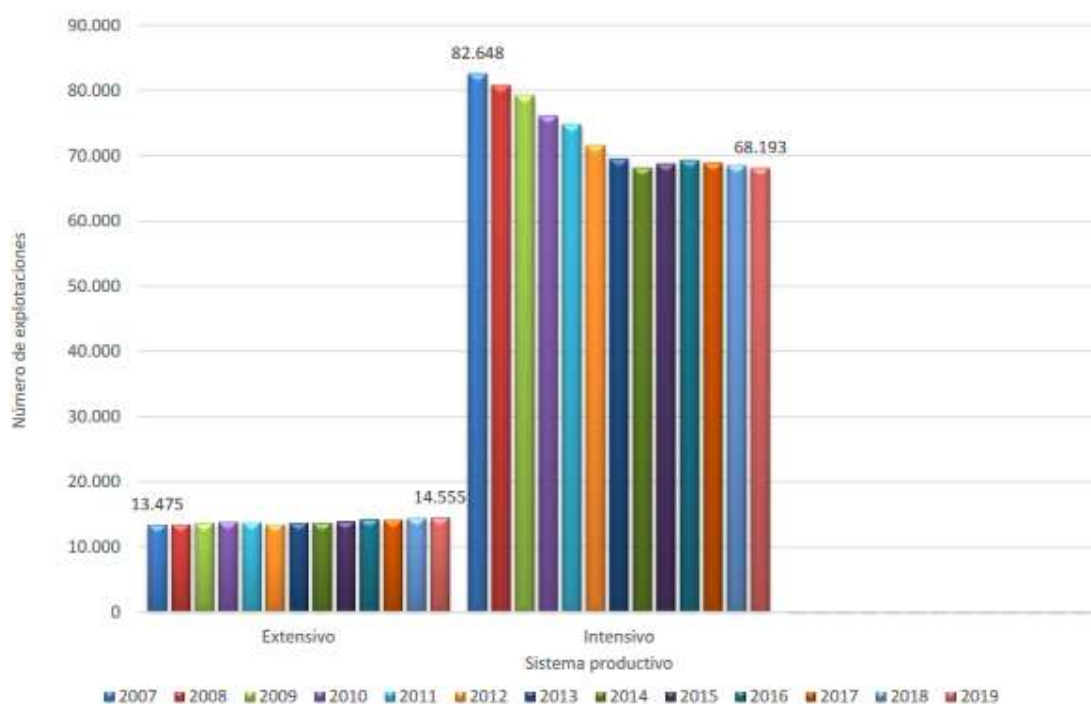


Figura 3. Evolución del censo de explotaciones porcinas en función de su sistema productivo (extensivo o intensivo) durante el período comprendido entre 2007 y 2019. Fuente: MAPAMA 2019

La repartición de granjas porcinas en España es muy desigual (Figura 4), con más de un 50% de éstas concentradas entre Galicia (28,53%), Extremadura (13,35%) y Andalucía (12,21%). Sin embargo, casi el 90% de las explotaciones gallegas son de tipo reducido, con una producción inferior a 4,8 UGM, equivalente a 40 cerdos de cebo. En Andalucía, más del 50% de las explotaciones se corresponden con el grupo especial. En Extremadura, por su parte, la mayoría de las explotaciones pertenecen al grupo 1 (menos de 120 UGM). En cambio, son las comunidades de Aragón y Cataluña las que concentran el mayor número de animales, gracias a

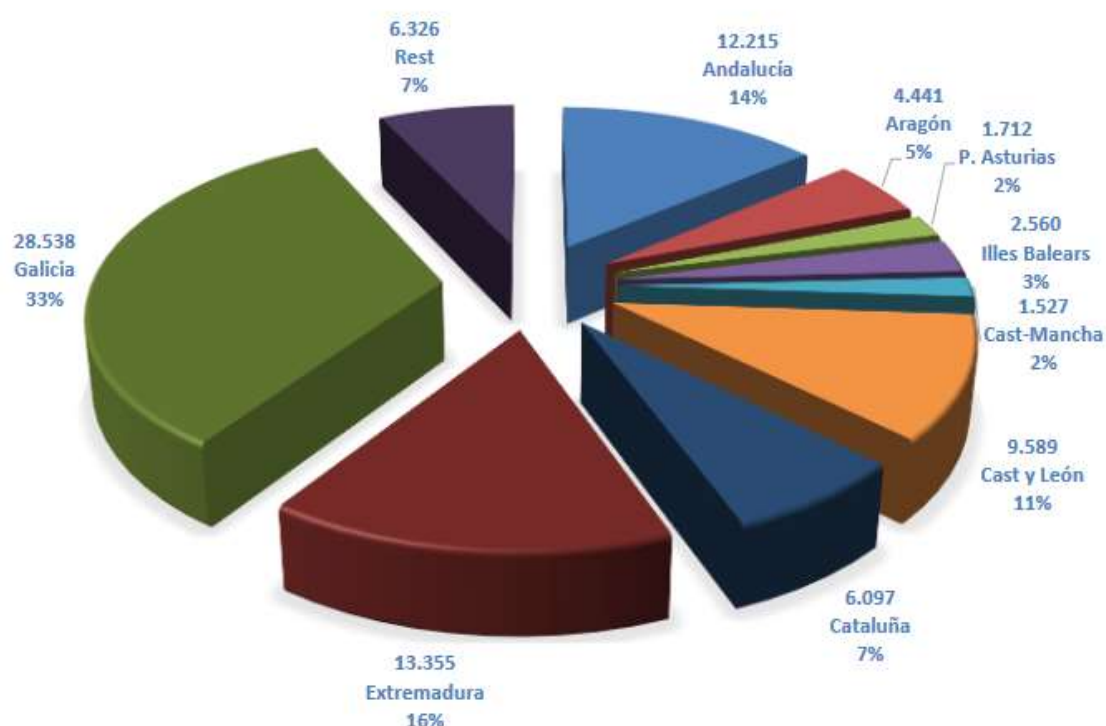


Figura 4. Distribución (número y porcentaje) de las explotaciones de ganado porcino por comunidades autónomas en 2019. Fuente: MAPAMA 2019

la implantación creciente de explotaciones de los grupos 2 (120-360 UGM) y 3 (360-720 UGM).

Aragón, con un censo de 3194 granjas de cebo en 2019, es la segunda comunidad española en lo que a producción se refiere (MAPAMA, 2019). La industria porcina aragonesa se fundamenta en dos principios (Gil Pérez, 2018):

1. Producción por fases: según el Artículo 2 del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, “es el sistema intensivo que, contempla los períodos de cría, recría o transición y/o cebo de animales, cuando las instalaciones correspondientes a cada fase o parte de ellas, están situadas en ubicaciones geográficas diferentes, bajo el mismo titular, en el

que sólo se admiten animales de las propias explotaciones agrupadas en el sistema, aplicándose un programa sanitario único adaptado a las necesidades de cada fase productiva”. Lo que permite una gran especialización de las granjas en función de las distintas fases productivas.

2. Sistema de integración: en el que se diferencian dos posibles modelos. La integración vertical, de mayor peso en la comunidad y en la que el granjero percibe unas cantidades fijas por cada kg de cerdo producido, actuando como un asalariado a pesar de ser el dueño de la instalación; y la integración horizontal, en la que pequeñas explotaciones se unen formando una cooperativa que facilita los animales, el alimento, servicio técnico, medicamentos y comercialización, siendo el granjero parte activa de la toma de decisiones y riesgos de la empresa cooperativa (Higuera, 2018).

### 6.2.1. DISTRIBUCIÓN DE COSTES DEL CERDO DE CEBO EN ESPAÑA

Coste se define como “la cuantificación monetaria de los factores de producción consumidos o inmovilizados durante un proceso productivo” (Paramio *et al.*, 2003). España se sitúa entre los países con menor coste de producción de la Unión Europea. En la Tabla 1 se puede observar, a modo de ejemplo, la repartición de los costes propios de una explotación de ciclo cerrado para la obtención de cerdos de 100 kg, según datos del Ministerio de Agricultura y Pesca (2010). La alimentación es el factor en el que se ha de realizar la mayor inversión, más de un 60% de la misma, siendo además altamente cambiante (Paramio *et al.*, 2003).

Tabla 1. Evolución de la distribución media de los costes de producción para un cerdo de cebo de 100 kg en una explotación de ciclo cerrado en el período 2003-2009 en euros y porcentaje. Fuente: MAPAMA (2010)

Conceptos de coste	Costes medios en la cría de un cerdo de cebo de 100 kg									
	2003		2004		2005		2006		2007	
	€	%	€	%	€	%	€	%	€	%
Pienso	51,10	71,14	54,10	73,14	59,4	62,4	61,6	62,5	73,3	65,2
Fijos	14,90	20,74	14,80	20,01	28,0	29,4	29,1	29,5	30,1	26,8
Inseminación	0,95	1,32	0,91	1,23	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,0
Reposición	1,88	2,62	1,26	1,70	1,6	1,7	2,0	2,0	2,0	1,8
Medicación	3,00	4,18	2,90	3,92	5,3	5,6	5,0	5,1	5,8	5,2
Coste cerdo 100 kg	95,80	100,00	100,3	100,00	95,2	100,0	98,6	100	112,4	100

A continuación se sitúan los costes fijos, que se definen como “aquéllos independientes de la actividad de producción de una empresa; es decir, representan un gasto invariable -al menos, durante un cierto periodo- en relación a la cantidad de bienes o servicios logrados durante un espacio de tiempo determinado” (Gil, <https://economipedia.com/definiciones/coste-fijo.html>). En el caso de la producción ganadera porcina, éstos están representados principalmente, por la energía, la gestión de los purines, las instalaciones y el personal (Tabla

2), siendo los dos últimos los de mayor relevancia económica (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2010).

Tabla 2. Evolución de la distribución media de los costes fijos en una explotación de ciclo cerrado para un cerdo de cebo de 100 kg, en el período 2001-2003. Fuente: MAPAMA (2010)

Distribución de fijos (%)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Personal	35,7	38,7	35,0	35,0	36,0	35,9	37,4
Energía	7,9	8,8	10,0	11,0	13,1	11,8	11,8
Purines	2,7	2,6	6,0	6,0	4,2	4,5	4,3
Instalaciones	38,5	39,0	39,0	38,0	36,2	36,0	35,6
Otros	15,2	10,8	10,0	10,0	10,5	11,8	11,0

### 6.3. ALIMENTACIÓN

Dado que la alimentación supone el principal coste, uno de los objetivos fundamentales de la producción porcina es que aquella sea eficiente, ya que de ello depende no sólo el rendimiento de los animales sino también la rentabilidad de la explotación. Para Campadal (2010), es necesario conocer una serie de conceptos y factores que determinan la implantación de un sistema de alimentación eficaz:

- 1) Fase de producción: etapa de la vida del cerdo en la que son indispensables una determinada cantidad de nutrientes para satisfacer las necesidades de mantenimiento y conseguir la máxima producción. Dividir la producción porcina en fases, según la edad, nos ayuda a optimizar la producción y la rentabilidad, ya que podremos adecuar las dietas al desarrollo digestivo de los animales, evitando las carencias o excesos nutricionales.
- 2) Energía: actúa como el combustible que permite que los nutrientes puedan ejercer su función de forma eficiente. Proviene principalmente de los hidratos de carbono, los lípidos y las proteínas. En formulación se habla de varios tipos de energía (McDonald *et al.*, 2010):
  - Energía bruta (EB): cantidad de calor resultado de la completa oxidación (mediante combustión) de una unidad de peso de alimento. Se mide mediante bomba calorimétrica y es expresada en calorías o julios (1 caloría= 4,185 julios); y no se encuentra totalmente disponible en el animal, ya que parte de esta energía es perdida como calor o junto a sólidos, líquidos y gases excretados por el propio animal (heces, orina...).
  - Energía digestible (ED): representa la energía absorbida por el animal, siendo calculada mediante la operación de restar a la EB obtenida por el animal al ingerir una unidad de alimento, la EB contenida en las heces resultantes del consumo de la misma unidad de alimento. Las pérdidas energéticas de origen fecal representan



las pérdidas más importantes y variables de la alimentación animal, siendo por tanto una mejor medida para conocer la energía disponible por los cerdos durante el proceso productivo.

- Energía metabolizable (EM): está representada por la energía disponible para ser utilizada por el animal, se obtiene de restar a la DE la energía perdida mediante la orina y gases. La energía perdida por la orina se encuentra en dos tipos de componentes, los contenedores de nitrógeno (urea, ácido hipúrico, creatinina y alantoína y los que no contienen nitrógeno (glucuronatos y ácido cítrico).
- Energía neta (EN): energía contenido en el alimento que es aprovechable por el animal en procesos útiles como el mantenimiento corporal, perdiéndose en forma de calor. Para obtener su valor se sustrae a la EM de un alimento el incremento térmico (incremento de la producción de calor de un animal por encima de lo marcado por su metabolismo basal, derivado de la ingesta de alimento) generado.

3) Nutrientes: aquellos elementos de naturaleza orgánica o inorgánica elementales para la supervivencia, reproducción y producción de carne del cerdo. Todos son importantes, aunque se necesiten en mayor o menor cantidad, ya que la falta de uno afectará al rendimiento productivo. Los principales nutrientes son:

- a. Hidratos de carbono: constituyen la principal fuente de energía en la dieta en forma de almidón; también constituyen la base de la fibra en forma de carbohidratos complejos como celulosa, hemicelulosa y lignina, que son digeridos de forma limitada por los cerdos.
- b. Lípidos: sustancias orgánicas solubles en disolventes orgánicos como el éter, pero no en agua, cuya estructura se basa en los ácidos grasos. Dentro de los lípidos se incluyen triglicéridos o grasas neutras, lípidos estructurales y ceras. Actúan como medio de almacenamiento de energía en los animales en forma de grasa. Además, desempeñan otras funciones en procesos de síntesis de colesterol, lipoproteínas o la actividad de las hormonas esteroideas. Pueden disminuir la palatabilidad de los piensos al oxidarse (sabor rancio) (McDonald *et al.*, 2010). Los ácidos grasos se dividen en dos grupos según su grado de saturación: ácidos grasos saturados (octanoico, decanoico, dodecanoico, mirístico, palmítico y esteárico), y ácidos grasos insaturados (palmitoleico, oleico, linoleico, linolénico, araquidónico, eicosaepentaenoico y docosahexaenoico).
- c. Proteínas: están formadas por aminoácidos. FEDNA (2019) apunta que “Las especies domésticas no precisan proteína, sino aminoácidos”, los cuales se dividen entre no esenciales, que son los que el propio organismo es capaz de sintetizar, y los esenciales,

que han de ser suministrados con la dieta y son fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, valina, lisina, metionina, treonina y triptófano. De todos estos aminoácidos, la lisina es considerada como el aminoácido limitante en las dietas porcinas, por lo que el balance de la composición de aminoácidos de la dieta se realiza en función de ésta. Con esto lo que se busca conseguir es una ración cuya proteína se asemeje en el mayor grado posible a la denominada “proteína ideal”, que se basa en la optimización de la proteína de la dieta, aumentando la relación entre el consumo y la retención, mientras se minimiza la excreción de nitrógeno (Leclercq, 1998). Por lo general, la proteína y sus aminoácidos intervienen en la producción cárnica, la digestión de los alimentos, la reproducción y el desarrollo del sistema inmunitario.

- d. Minerales: elementos inorgánicos, que se pueden diferenciar entre macro elementos como el calcio, fósforo, cloro, sodio (la dieta ha de equilibrarse a partir de estos cuatro), magnesio, potasio y azufre; y los micro elementos, que son cobalto, hierro, selenio, cobre, manganeso, yodo y zinc. Principalmente desempeñan funciones estructurales (formación de los huesos) y metabólicas.
- e. Vitaminas: sustancias de origen orgánico divididas en dos categorías: solubles en grasa, que es el caso de las vitaminas A, D, E y K; y las solubles en agua, que se corresponden al complejo B (ácido fólico, ácido pantoténico, biotina, colina, niacina nicotinamida, piridoxina, piridoxal, piridoxamina, riboflavina, tiamina y vitamina B 12) y vitamina C. Intervienen en funciones metabólicas esenciales para el animal.

Al mismo tiempo, para poder valorar el rendimiento de la alimentación suplementada a los animales, se debe prestar especial atención a los índices zootécnicos de mayor importancia (Collel, 2011), en este caso de la fase de cebo:

1. Ganancia Media Diaria (GMD): proporciona una idea del crecimiento de los cerdos, al medir el aumento de peso por unidad de tiempo. Depende de la ingesta de pienso y de la capacidad de transformación del alimento por parte del animal. Interesa que su valor sea alto, ya que supondrá un aumento de la rentabilidad al conseguir el peso objetivo en menos tiempo.
2. Índice de conversión: se define como la cantidad de pienso que ha de consumir un animal para aumentar en un 1kg su peso vivo. Conforme va avanzando la fase de cebo se observa un aumento del valor del índice, debido a que las necesidades de mantenimiento del animal aumentan, y a que cada vez es mayor la proporción de tejido graso, con un mayor valor calórico. Al contrario que la GMD, el índice de conversión debe ser lo más bajo posible para optimizar la rentabilidad.

3. Consumo voluntario: muestra la ingesta de pienso por animal. La tendencia actual está orientada hacia la búsqueda de animales más magros, mostrándose una reducción del consumo voluntario de los animales desde los años 80 a la actualidad. En principio, un menor consumo mejorará los índices de conversión.

Todos estos parámetros se ven a su vez influenciados por factores extrínsecos al animal, de naturaleza variable, que será necesario tenerlos en cuenta para poder aprovecharlos o corregir el perjuicio que puedan producir. Entre estos factores se puede citar el manejo de los animales e infraestructura disponible, las características y condiciones sanitarias de la explotación, las condiciones climáticas, la genética y el sexo del animal.

### **6.3.1. FORMULACIÓN DEL PIENSO**

La óptima formulación del pienso supone uno de los métodos fundamentales para la reducción de costes. Para elaborar una fórmula de pienso, y que ésta sea eficiente, es necesario conocer las necesidades nutricionales de los cerdos, es decir, conocer qué nutrientes y en qué cantidades son requeridos por nuestros animales para su mantenimiento y crecimiento, teniendo por tanto pleno conocimiento del efecto que cada nutriente ejerce en el crecimiento del animal (Campabadal, 2010). La Tabla 3 muestra los requerimientos nutricionales para cerdos en crecimiento y cebo sugeridos por FEDNA.

Una vez establecidas las necesidades a cubrir se procede a la selección de los ingredientes, los cuales deben cumplir los requisitos formulados por la normativa europea y española:

- En materia de higiene y trazabilidad (Reglamento UE-183/05 (RD 821/08).
- Respecto a su comercialización y uso (Reglamento UE 767/09 (RD 1002/12)).
- En lo que se refiere a la utilización de aditivos (Reglamento UE 1831/03).
- En lo que respecta a restricciones y prohibiciones de productos para la alimentación animal (Directiva 02/32 (RD 465/03)).

Los ingredientes elegidos deben ser de la mayor calidad posible, y deben estar libres de sustancias que puedan afectar o poner en riesgo la salud de nuestros animales, pero teniendo en cuenta que el objetivo final es conseguir el mayor beneficio económico (Paramio *et al.*, 2003). Así según las necesidades nutricionales expuestas en la Tabla 3, se observa que los porcentajes más altos se corresponden con las necesidades de almidón y proteína; de forma práctica, estos niveles se alcanzan a partir de dos materias primas: el maíz y la soja (Bauzá *et al.*, 2018).

Tabla 3. Recomendaciones para piensos de cerdos en crecimiento-cebo. Fuente: FEDNA 2019

Periodo		Peso vivo (kg)		
		20-60	60-100	>100
EM porcino	kcal/kg	3.180	3.175	3.150
EN porcino	kcal/kg	2.400	2.400	2.400
Extracto etéreo	%	4-8	4-8	4-8
Fibra bruta, mín.- máx.	%	3,4 - 5,4	3,5 - 6,3	3,7 - 6,5
FND, mín.- máx.	%	11 - 15,5	11 - 15,5	11 - 16,5
Almidón, mín.	%	35	33	32
Proteína bruta, mín.- máx.	%	16,2 - 18,0	14,8 - 17,0	13,2 - 15,1
Lys total	%	1,04	0,90	0,75
Met total	%	0,32	0,28	0,24
Met + cys total	%	0,62	0,54	0,46
Thr total	%	0,68	0,58	0,50
Trp total	%	0,20	0,17	0,14
Val total	%	0,71	0,61	0,50
Ile total	%	0,57	0,49	0,42
Lys digest. std.	%	0,89	0,77	0,63
Met digest. std.	%	0,28	0,24	0,20
Met + cys digest. std.	%	0,53	0,46	0,38
Thr digest. std.	%	0,58	0,50	0,42
Trp digest. std.	%	0,17	0,15	0,12
Val digest. std.	%	0,60	0,52	0,42
Ile digest. std.	%	0,49	0,42	0,35
Calcio, mín.- máx.	%	0,67 - 0,80	0,65 - 0,80	0,59 - 0,80
Fósforo total <sup>1</sup>	%	0,55	0,53	0,49
Fósforo digest., mín. <sup>1</sup>	%	0,28	0,25	0,23
Magnesio	ppm	400	400	400
Sodio <sup>2</sup> , mín.	%	0,18	0,17	0,16
Cloro, mín.	%	0,15	0,14	0,12
Potasio, mín.- máx.	%	0,26 - 1,05	0,25 - 1,05	0,24 - 1,10
Ácido linoleico <sup>3</sup>	%	>0,10	<1,50	<1,50

El maíz presenta niveles muy bajos de proteína en su composición, pero por el contrario su alto valor energético le permite destacar respecto al resto de cereales gracias a su contenido en almidón y su bajo nivel de fibra. Además, su palatabilidad, la escasa variabilidad de su composición química, y el bajo contenido en factores antinutritivos, lo convierten en la fuente de energía básica para cerdos a nivel universal. En el caso concreto de España, se utilizan 4 millones de t/año para la elaboración de piensos para cerdos (FEDNA, 2019).

### 6.3.2. SOJA

Según Solà-Oriol (2018), “la soja (*Glycine max*) es una leguminosa de la familia *Fabaceae*, clasificada dentro del grupo de las oleaginosas. Se trata de una planta de origen asiático, autógama y sensible al fotoperiodo” (Figura 5). Según indica FEDNA (2019) en sus tablas de composición de ingredientes para piensos, la soja se caracteriza por ser una excelente fuente de energía y proteína, además de destacar por su composición rica en nutrientes esenciales como ácido linoleico, colina y aminoácidos limitantes (lisina y treonina), los cuales se

encuentran en baja concentración en los granos de cereales que se incorporan de forma habitual en las dietas porcinas (Stein et al., 2013). Además, su uso no presenta ningún tipo de

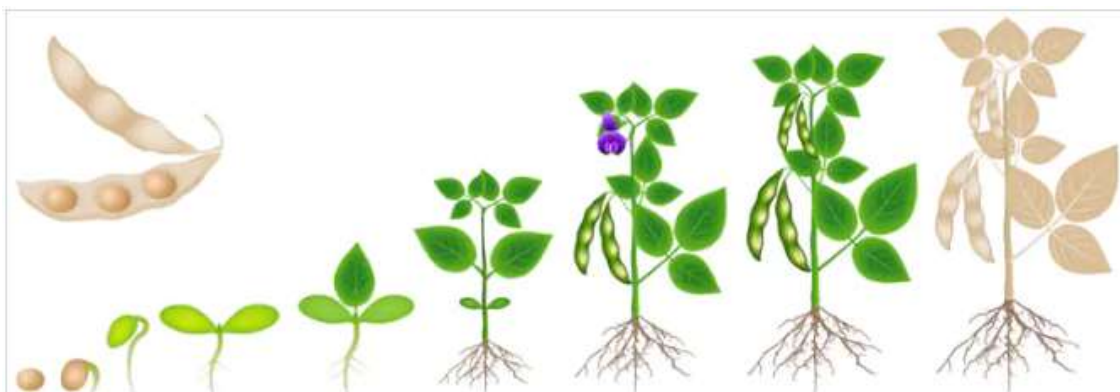


Figura 5. Ciclo de crecimiento de una planta de soja. Fuente: Shutterstock (<https://www.shutterstock.com/>)

restricción en la alimentación de cerdos de cebo. La parte de la soja empleada para la elaboración de piensos es la semilla o haba, la cual se encuentra en grupos de dos o tres en el interior de una vaina. Estas semillas pueden tener diferentes formas (esféricas, elongadas, etc.), tamaños que varían entre los 5-11 milímetros y los 120-180 miligramos, y colores, pudiendo ser su cáscara amarilla, negra, marrón, verde o el resultado de la mezcla de dos de estos colores (Ecoport, 2009).

El haba de soja, una vez secada (full-fat), posee abundantes factores antinutricionales tales como inhibidores de tripsina (bloquean la actividad de esta enzima digestiva), lectinas (evitan la absorción intestinal de aminoácidos, polisacáridos y vitamina B12) y oligosacáridos (en forma de rafinosa y estaquiosa, que son fermentadas por las bacterias del intestino delgado de los cerdos resultando en una disminución del crecimiento). Para disminuir la presencia de estas sustancias antinutritivas se debe someter a la semilla de soja a procesos térmicos y de presión, entre los que se diferencian procesos de calor seco (micronización, Jet-Sploding, y extrusión seca, los cuales pueden dañar la porción proteica de la semilla) y procesos de calor húmedo (expansión, extrusión húmeda, cocción, que son métodos considerados más seguros para mantener la calidad de la soja) (Heuzé et al., 2017).

La soja se comercializa en distintas presentaciones originadas como subproducto de la extracción del aceite de soja. La extracción se realiza mediante solventes (siendo la más utilizada), dando lugar a harina, o mediante extracción mecánica, que produce la torta de soja (Johnson y Smith, 2004).

La harina de soja es la presentación más habitual en los piensos porcinos. Al subproducto de la obtención del aceite se le realiza el descascarillado, dando como resultado un producto con

unos valores proteicos de entre el 44-48%. Esta variación en los niveles de proteína bruta se debe a la inclusión o no de la cáscara anteriormente extraída, la cual es muy rica en fibra y provoca la disminución del porcentaje de proteína (Stein *et al.*, 2013). El 75% de la producción mundial de este producto se destina a la alimentación avícola y porcina.

Las principales características nutricionales de la harina de soja son las siguientes (FEDNA, 2019):

- 1) **Energía:** depende de la concentración de lípidos, carbohidratos y proteínas del producto. La harina de soja presenta altos valores de ED (3360 kcal/kg) y EM (3200 kcal/kg) en comparación con productos de otras semillas de oleaginosas, a pesar de ser un subproducto fruto de la extracción de aceite y presentar los valores más bajos de entre los derivados de la soja.
- 2) **Hidratos de carbono:** en lo que respecta a la fibra, presenta unos niveles dietéticos considerablemente bajos comparado con otros ingredientes (4,1% de fibra bruta (FB), 9,1% de fibra neutro detergente (FND), 5,4% de fibra ácido detergente (FAD) y 0,3 % de lignina ácido detergente (LAD)), lo cual evita un tránsito excesivamente rápido del contenido intestinal. Esto le confiere a la harina de soja una concentración energética similar a la del maíz (Stein *et al.*, 2013) .
- 3) **Lípidos:** el porcentaje de grasa oscila entre el 16% y el 21% en el haba cruda, y aproximadamente un 1% en el haba tratada y preparada como harina. Es muy rica en ácidos grasos insaturados (que suponen el 75% de los lípidos), entre los que destaca el ácido linoleico que supone la mitad de los mismos (FEDNA, 2019).
- 4) **Proteínas:** los productos de soja se caracterizan por su alta calidad proteica (expresada como porcentaje de los diferentes aminoácidos sobre el total de proteína bruta). Así, la soja presenta grandes concentraciones de lisina, el primer aminoácido limitante en las dietas porcinas, al igual que de treonina. Para Stein *et al.*, (2013), la forma más correcta para formular las dietas porcinas es en base a la digestibilidad ileal estandarizada (DIS) de los aminoácidos, lo que situaría a la soja como el ingrediente ideal para la alimentación porcina por la alta digestibilidad de sus aminoácidos.
- 5) **Minerales:** se aprecia una concentración relativamente alta de azufre, magnesio y potasio, por lo que no es necesaria la adición de suplementos de estos minerales; sin embargo, la composición en microminerales puede variar dependiendo de los lotes (Stein *et al.*, 2013). En cuanto al fósforo, éste se encuentra ligado al ácido fítico, el cual no puede ser utilizado por los cerdos al producir éstos pocas fitasas; por ello, es conveniente suplementar fitasas microbianas (Florou-Paneri *et al.*, 2014).

### **6.3.2.1. INCONVENIENTES DE LA SOJA**

A pesar de ser considerada un pilar básico de la alimentación porcina gracias a sus características nutricionales, hay factores que cuestionan si realmente tiene sentido que en España se formulen los piensos a base de soja como referente proteico.

El principal factor por el que se buscan alternativas proteicas es el económico, por lo que conseguir métodos eficientes para reducir la inversión en el mayor coste de producción, como es el caso de la alimentación, se antoja necesario en un sector tan económicamente ajustado como el porcino. La producción de soja mundial se encuentra prácticamente en manos de tres países: Argentina (19% de la producción), Brasil (29%), y a la cabeza de éstos Estados Unidos con aproximadamente un 33%. Esto es posible gracias a la gran disponibilidad de recursos naturales y financieros, la aplicación de nuevas tecnologías, y las subvenciones gubernamentales concedidas a los productores (Barros et al., 2006). El oligopolio de una materia prima cuya producción es considerada fundamental en industrias como la alimentaria y la de biocombustibles, sumado a una demanda difícil de satisfacer y de carácter creciente por parte de países como China, desemboca en la inestabilidad de unos precios que tienden a mantenerse al alza.

En España, a pesar del florecimiento de un sector extremadamente dependiente de la soja como es el porcino, no se desarrolla el cultivo de la misma, representando éste un porcentaje prácticamente testimonial comparado con el de otras oleaginosas. Esto se debe, en primer lugar, a la prohibición de cultivos de soja de origen transgénico en el territorio de la Unión Europea (Directiva 2001/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de marzo de 2001, sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente), lo que se traduciría en una producción menos eficaz que la de países exportadores de soja modificada genéticamente; en segundo lugar, las condiciones físico-climáticas de la Península Ibérica son más indicadas para cultivos como el trigo o la cebada, de vital importancia en la agricultura y ganadería españolas (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2019d). Dedicar una mayor superficie a la soja desplazaría el cultivo de cereales, y obligaría a seguir recurriendo a la importación de materias primas (EuropaBio the European Association for Bioindustries, 2018). Durante el curso 2019/2020, el valor medio de la tonelada de harina de soja ha sido de 315,10€ (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2020) , bastante por encima del precio de otras fuentes de proteína. Sin embargo, esto no impide que España se posicione como el segundo importador de soja de la Unión Europea, sólo por detrás de los Países Bajos (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2019b). La Figura 6 muestra la importancia de la semilla de soja en el mercado de importación de oleaginosas español.

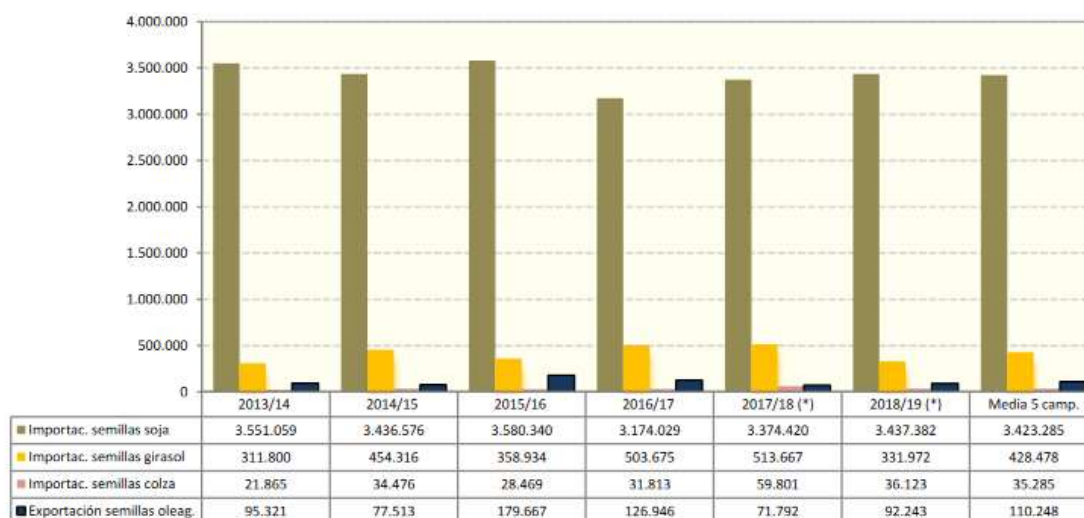


Figura 6. Evolución del comercio exterior de semillas oleaginosas de España, en toneladas, desde la temporada 2013/2014 hasta la 2018/2019. Fuente: MAPAMA 2019c

En cuanto a la producción, se aprecian dos factores que ponen a la soja en el punto de mira de Europa y sus consumidores. Por un lado, el cultivo de soja de forma indiscriminada en países como Brasil y Argentina, motivado por la creciente demanda, desemboca en la destrucción de bosques y selvas como el Amazonas. Esta clase de ataques medioambientales favorece la desaparición de los hábitats salvajes, la biodiversidad y la salud de la naturaleza. Por otro lado, la mayor parte de la soja que se produce en el mundo es de origen transgénico (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2003). La Unión Europea prohíbe la utilización de ingredientes de origen transgénico en la alimentación de animales destinados a la ganadería comercial. A pesar de ello, desde Europa se autoriza la comercialización y consumo (nunca en ganadería ecológica) de variedades de soja (al igual que de maíz, colza, remolacha y algodón) modificadas genéticamente durante diez años; una vez pasado ese período, deberán volver a pasar un control (Unión Europea, sin fecha b). Estas dos realidades sobre la producción de soja proyectan una imagen negativa del producto, lo cual deriva en que cada vez una fracción mayor de la población muestre su preocupación que declinando el consumo de carnes de animales alimentados con soja.

### 6.3.2.2. POSIBLES ALTERNATIVAS AL USO DE SOJA

La elección de ingredientes vegetales autóctonos como sustitutos de la soja en alimentación porcina se fundamenta, en parte, en la tradición y por tanto comprobada viabilidad de producción en las condiciones propias de climatología, geografía y agricultura local. Por otra parte, el coste de compra de estos productos sería bastante más reducido que el de la soja, por su proximidad geográfica y menor gasto logístico. A continuación, se detallan la



composición y algunos datos interesantes respecto al posible uso (o no) de diferentes alternativas a la soja en las dietas de cerdos de cebo.

### 6.3.2.2.1. OLEAGINOSAS

Se denominan así porque el objetivo principal de su cultivo es la obtención de aceite vegetal para la alimentación humana o la producción de biodiesel, resultando del proceso un subproducto destinado a la alimentación animal que puede ser denominado torta, cuando se realiza una extracción mecánica del aceite, o harina cuando la extracción se realiza mediante solventes. El girasol ha sido, históricamente, la especie más cultivada en España (Figura 7), aprovechando las condiciones de secano y en sustitución de cereales, seguido de la colza, de la cual la Unión Europea es el mayor productor a nivel mundial (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2019b).

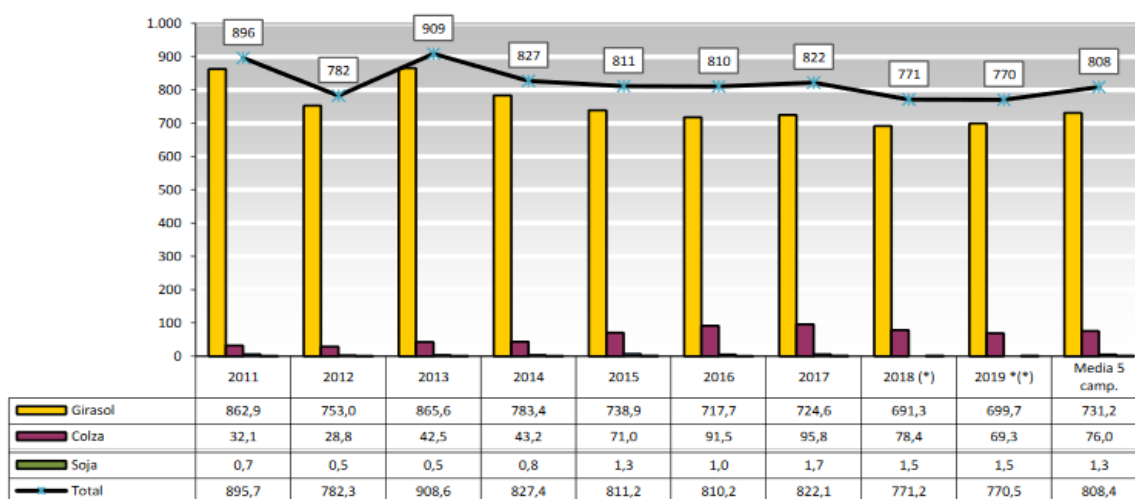


Figura 7. Evolución de la superficie de oleaginosas (girasol, colza y soja) cultivadas en España, en miles de hectáreas, en el período 2011-2019. Fuente: MAPAMA (2019)

- 1) Girasol (*Helianthus annuus*): se posiciona con sus concentrados proteicos como la oleaginosa de origen nacional de mayor importancia en alimentación animal, con aproximadamente medio millón de toneladas consumidas al año en España (FEDNA, 2019). Generalmente, para la obtención de la harina se somete a la semilla a un proceso de descascarillado, ya que la cubierta reduce la calidad alimentaria del producto. Existen dos procesos de extracción del aceite: uno exclusivamente mecánico, en el que se realiza un prensado de la semilla a gran presión obteniéndose la torta de girasol, y otro en el que previo al prensado se realiza una extracción con disolventes, resultando en el subproducto denominado como harina (más empleado en dietas porcinas en España). Según FEDNA

(2019), las principales características nutricionales de la harina de girasol son las siguientes:

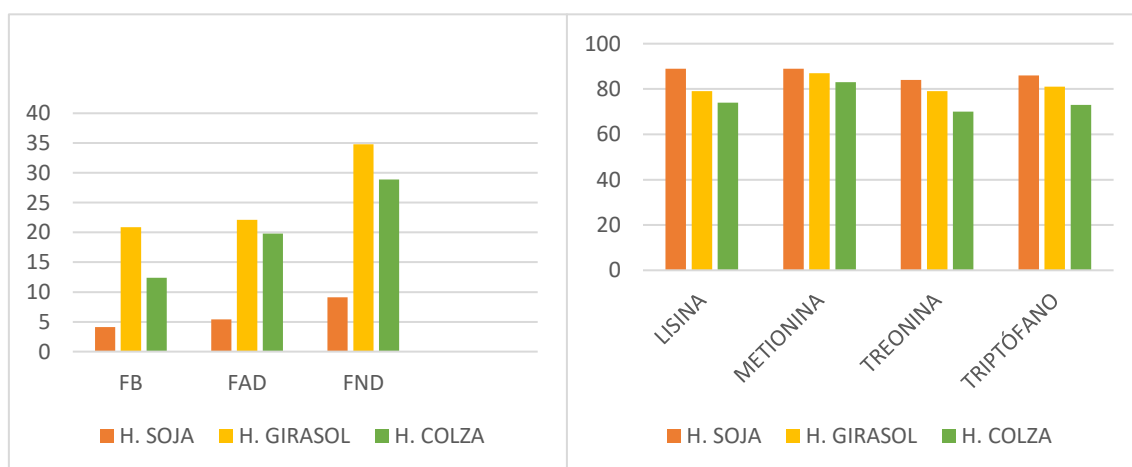
- a) Energía: presenta unos niveles energéticos bajos en comparación con otras fuentes de proteína (ED: 2680 kcal/kg; EM: 2470 kcal/kg y EN para el cebo de cerdos: 1420 kcal/kg).
- b) Hidratos de carbono: el nivel de almidón (1,8%) es ligeramente superior al de la soja (0,5%), mientras que el contenido en fibra, que puede variar dependiendo del grado de descascarillado, es bastante alto (FB: 18,3%; FND: 33,1%; FAD: 21%; y LAD: 5%) lo que reduce la digestibilidad (Figuras 8 y 9).
- c) Lípidos: la harina de girasol presenta entre un 2% y un 3% de grasa, presentándose los ácidos grasos poliinsaturados en alta proporción (22% de ácido oleico y 65% de linoleico), lo que produce un aumento de la grasa intramuscular en cerdos (Florou-Paneri *et al.*, 2014). En dietas con un contenido de harina de girasol superior al 21%, se observa la pérdida de calidad de la carne (grasa más líquida del tocino dorsal y mayor concentración de ácido linoleico; Heuzé *et al.*, 2019).
- d) Proteínas: varían entre el 36,4% y el 28,1% en función del contenido de cáscara de la harina. Tiene un contenido ligeramente superior de metionina (0,82%) en comparación con la soja (0,59%), y la proporción de aminoácidos azufrados y de triptófano es bastante notable. Por el contrario, es muy deficiente en lisina (1,22% frente a un 2,68% de la soja), motivo por el cual su uso es limitado.
- e) Factores antinutritivos: carecen de importancia en la práctica; aun así, conviene resaltar un contenido de 1-3% de ácido clorogénico, que en mayor proporción puede reducir la actividad de la enzima pancreática  $\alpha$ -amilasa, inhibiendo la digestión del almidón (Zheng *et al.*, 2020).
- f) Digestibilidad: aunque presenta un alto contenido en fibra, los resultados obtenidos con respecto a la digestión de aminoácidos esenciales son buenos en los productos con menor proporción de cáscara, encontrándose ligeramente por debajo de los de la soja. Esto se debe a que su proteína no está ligada a la pared celular (FEDNA, 2019).

Según FEDNA (2019), el límite máximo en la ración de cerdos para cebo es del 7%, debido al elevado contenido en fibra. Por otra parte, se trata de un ingrediente altamente palatable, a pesar de que puede ser rechazado en algunas regiones por la coloración oscura que transmite al pienso. En lo que concierne al precio, durante el curso 2019/2020 las harinas bajas en proteína (28-30%) presentaron un precio medio de 170,74€ la tonelada, mientras que las altas en proteína (34-36%) alcanzaron los 221,39€/t (Ministerio

de Agricultura y Pesca, 2020). Se ha demostrado que la inclusión de entre el 4 y el 16% de harina de girasol en la ración, sustituyendo la parte proporcional de soja y maíz, no provoca cambios en la conformación de la canal, aunque el consumo diario si se ve reducido (por el elevado contenido en fibra) pero sin afectar a la GMD (Carellos *et al.*, 2005).

- 2) Colza: las variedades *Brassica napus* y *Brassica campestris* son las más empleadas en la elaboración de piensos para consumo animal. El descascarillado es recomendado para mejorar la calidad del producto y reducir la presencia de taninos, de la misma manera que es aconsejable realizar un tratamiento térmico de las semillas para inactivar la enzima mirosinasa y evitar la formación de productos tóxicos de hidrólisis (Heuzé *et al.*, 2020). Las principales características nutricionales de la harina de colza son las siguientes (FEDNA, 2019):
  - a) Energía: los valores energéticos para cerdos de cebo son considerablemente inferiores a los de la soja, pero aun así aceptables (ED: 2800 kcal/kg; EM: 2550 kcal/kg; EN para el cebo de cerdos: 1580 kcal/kg).
  - b) Hidratos de carbono: el contenido en almidón de la harina de colza es nulo, aunque el de fibra es alto (12,4% de FB, 28,9% de FND, 19,8% de FAD y 6,5% de LAD), lo cual aumenta la viscosidad del contenido digestivo reduciendo la digestión.
  - c) Lípidos: posee entre un 2% y un 3% de grasas, presentándose la gran mayoría en forma de ácidos oleico (56% del total) y linoleico (22% del total).
  - d) Proteínas: presentan un buen contenido de lisina (1,89%) y aminoácidos azufrados. La concentración de proteína bruta varía entre un 33,8% y un 38%.
  - e) Factores antinutritivos: la harina de colza presenta taninos (en su cáscara) e importantes cantidades de ácido erúxico y glucosinolatos. Los depósitos de ácido erúxico en el músculo cardíaco pueden derivar en problemas cardiovasculares. Por otra parte, los glucosinolatos pueden desencadenar una reducción en el consumo de la ración por parte del animal y provocar problemas tiroideos, hepáticos y renales al sufrir la acción de la enzima mirosinasa, generándose productos de hidrólisis tóxicos (nitrilos, isotiocianatos y oxazolidintionas).
  - f) Digestibilidad: la proteína de la harina de colza está catalogada como notablemente digestible, aunque la fracción de fibra reduce la capacidad de absorción de los aminoácidos.

FEDNA (2019) fija el límite máximo en un 12% de la ración, por su contenido de fibra, lignina y taninos. Se caracteriza por ser rica en azufre, selenio, biotina, colina y niacina. El porcentaje de fibra y ácido fítico que posee disminuye la disponibilidad de calcio, magnesio, fósforo, zinc, cobre y manganeso. Es un ingrediente de fácil manejo en su procesado. Durante el curso 2019/2020, el precio medio de la tonelada de harina de colza se situó en 225,71€. La sustitución de un 40% de harina de soja por harina de colza presentó mejores índices de conversión, junto a un mayor peso y rendimiento de la canal (con mejores valores en machos castrados que en hembras); como resultado negativo, se observó un mayor espesor de tocino dorsal (Zanotto *et al.*, 2009).



**Figura 8.** Porcentaje de fibra bruta (FB), fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) en las harinas de soja, girasol y colza. Fuente: SWINE FOCUS #004

**Figura 9.** Porcentaje de digestibilidad de los principales aminoácidos limitantes en dietas porcinas (lisina, metionina, treonina y triptófano) en las harinas de soja, girasol y colza. Fuente: SWINE FOCUS #004

#### 6.3.2.2.2. PROTEAGINOSAS

Pertenecen a la familia de las leguminosas, y su importancia alimentaria (son empleadas tanto alimentación humana como animal) se encuentra en la gran cantidad de proteína que contienen. Por lo general, su porcentaje de almidón les convierte en una opción intermedia respecto a los cereales y las oleaginosas como ingrediente en los piensos. Su cultivo tiene una gran ventaja, y es que no precisan de suplementación de nitrógeno, ya que son capaces de fijarlo al suelo, por lo que su incorporación en cultivos de rotación de cereales tendría un efecto beneficioso aparte de mejorar el rendimiento económico-productivo. Sin embargo, su producción nacional sigue una tendencia negativa, saldándose el año 2019 con una producción un 30% menor a la del 2018, y con un descenso de la superficie cultivada de un 3%, según datos facilitados por el MAPAMA (2019). El guisante, el haba caballar y el altramuza conforman los principales cultivos de legumbres nacionales para consumo ganadero (Figura 10), lo que las convierte en las opciones más viables dentro de los cultivos de proteaginosas.

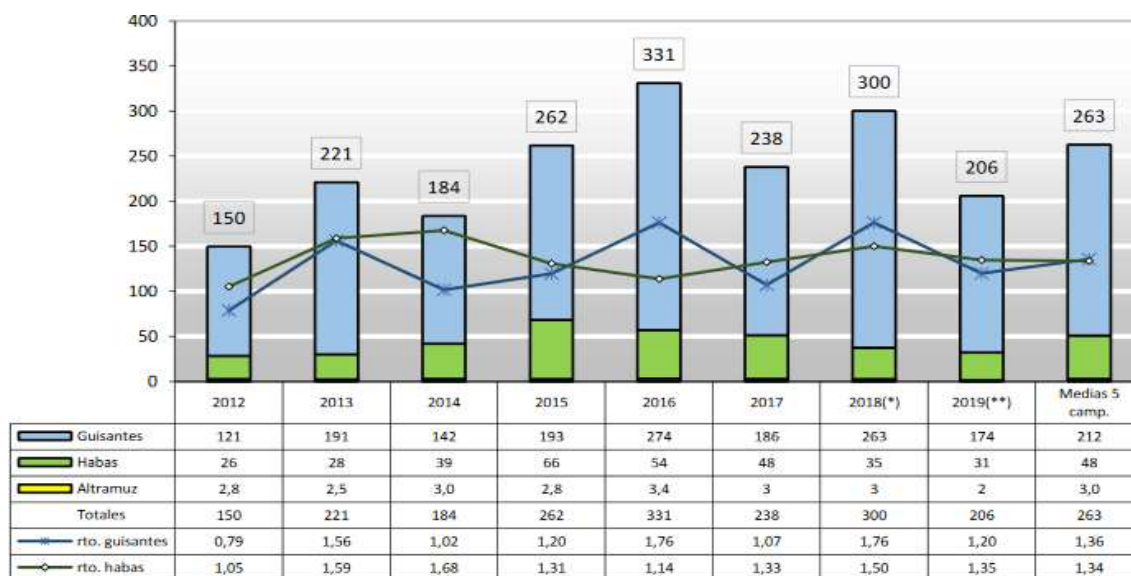


Figura 10. Producción de proteaginosas (guisante, haba y altramuza) en España ( toneladas/año) en el periodo 2012-2019. Fuente: MAPAMA (2019)

- 1) Guisante: en la formulación de piensos compuestos se encuentra representado por la subespecie *Pisum sativum hortense*. En España se producen variedades de invierno y de primavera, con diferencias reseñables en su composición. Se realiza tratamiento térmico para mejorar la palatabilidad y la disponibilidad de las fracciones proteica y energética, así como para disminuir la proporción de factores antinutritivos (FEDNA, 2019). Las principales características nutricionales del guisante son las siguientes:
  - a) Energía: los valores energéticos son altos (ED: 3410 kcal/kg; EM: 3280 kcal/kg; EN para el cebo de cerdos: 2320 kcal/kg).
  - b) Hidratos de carbono: representan el 70% del peso total. El contenido almidón muy digestible es considerable (44-42%), y se complementa con azúcares solubles (4%) y oligosacáridos (rafinosa, estaquiosa y verbascosa). El contenido en fibra es moderado (6% de FB, 12,1% de FND y 7,4% de FAD), aunque es muy digestible por su baja lignificación.
  - c) Lípidos: presenta un bajo nivel de grasas (1,5%) muy insaturadas (ácido linoleico (47,5% del total) y ácido oleico (24% del total)).
  - d) Proteínas: el contenido total oscila entre el 17,9% y el 24,1%. En lo que concierne a los aminoácidos, muestra niveles altos de lisina (1,47%), pero reducidos de triptófano (0,19%) y aminoácidos azufrados.
  - e) Factores antinutritivos: presenta una alta concentración de taninos y factores antitripsicos (principalmente en las variedades de invierno), que disminuyen la

digestibilidad de las proteínas. Al mismo tiempo, la absorción intestinal es interferida por la acción de las lectinas presentes en las semillas de guisante.

- f) Digestibilidad: la de las proteínas y aminoácidos es elevada, aunque menor que la de la soja.

Su límite máximo de incorporación en la ración de cerdos de cebo es del 20%, debido a la alta solubilidad de su proteína y a la escasa proporción de triptófano y aminoácidos azufrados (FEDNA, 2019). Se trata de un ingrediente de gran palatabilidad, utilizado para mejorar la granulación del pienso. Es fácil de manufacturar y almacenar pero presenta un contenido mineral muy pobre, por lo que se debe suplementar la dieta correctamente. La sustitución de harina de soja por guisante de primavera en porcentajes del 50% y 100% produjo la reducción del peso final de los cerdos y un aumento del porcentaje graso en la carne, siendo el efecto mayor para las proporciones más altas de guisante en la ración. Al mismo tiempo, se pudo observar un aumento del consumo diario en los cerdos con la dieta con un 50% de soja sustituida por guisante (Harris *et al.*, 2012).

- 2) Haba caballar: en alimentación animal se utiliza la *Vicia faba equina*, pudiéndose diferenciar las que provienen de variedades de flores blancas (mayor resistencia a enfermedades y con un rendimiento productivo mejor) y las de flores coloreadas (con un valor nutritivo mayor). La extracción de la cáscara y el tratamiento térmico mejoran sus cualidades nutricionales. Las principales características nutricionales del guisante son las siguientes (FEDNA, 2019):

- a) Energía: los niveles son considerablemente altos (ED: 3290 kcal/kg; EM: 3120 kcal/kg; EN para el cebo de cerdos: 2100 kcal/kg).
- b) Hidratos de carbono: están poco lignificados y presentan un elevado porcentaje de almidón de digestión lenta, junto con oligosacáridos (5,4%) y azúcares. El contenido de fibra es aceptable (8,7% de FB, 13,3% de FND y 9,8% de FAD).
- c) Lípidos: representan el 1% del peso total de la legumbre, y están altamente insaturados (50% de ácido linoleico).
- d) Proteínas: el contenido en proteína bruta es del 25%, y es rica en lisina (1,5%) y pobre en aminoácidos azufrados y triptófano.
- e) Factores antinutritivos: existe una variada presencia de éstos: taninos condensados, que suponen un 0,6% del peso total en las variedades coloreadas, factores de carácter termolábil encontrados en la cáscara (lectinas y factores antitripsicos), y elementos termoestables (vicina y convicina) presentes en los cotiledones pero sin repercusiones negativas en la digestión de los cerdos (Grosjean *et al.*, 2001).
- f) Digestibilidad: presenta valores muy altos, cercanos a los de la soja.

Debe limitarse su presencia al 10% de la ración, debido al abundante contenido de sustancias antinutritivas (taninos, lectinas, factores antitripsicos, vicina y convicina) y a su bajo perfil aminoacídico (FEDNA, 2019). Es pobre en lo que a minerales se refiere, siendo únicamente aceptable su nivel en fósforo, del que sin embargo el 50% está en forma de fitatos y por tanto no es aprovechable. Se han realizado pruebas en cerdos de cebo con la incorporación de habas en un 7,5%, 15% y 30%, sustituyendo la parte proporcional de harina de soja y cebada. Los resultados muestran que se pueden obtener ganancias óptimas con la inclusión de un 15% de habas en la ración, mientras que el consumo diario prácticamente no se ve afectado. En cuanto a la calidad de la carne, parece apreciarse cierta coloración más oscura de la canal (Castell, 1976).

3) Altramuz: en España, el *Lupinus Albus* es la variedad cultivada enfocada a la alimentación animal; aun así, su producción es prácticamente testimonial (Figura 10), ya que ha perdido peso en la producción ganadera. Sin embargo, está volviendo a despertar el interés su uso en la alimentación humana. Se trata de una materia prima con poca variabilidad en su composición química (FEDNA, 2019):

- a) Energía: presenta un valor energético alto (ED: 3340 kcal/kg; EM: 3080 kcal/kg; EN para el cebo de cerdos: 1915 kcal/kg).
- b) Hidratos de carbono: presenta valores muy limitados de almidón, aunque tiene una porción fibrosa considerable (13-17% de FB) pero con un grado de lignificación reducido. Por ello, gran parte de la fibra (20%) es muy soluble.
- c) Lípidos: representan el 5,5% del peso total, y en su mayoría son de naturaleza insaturada (ácido oleico y ácido linoleico).
- d) Proteínas: la proteína bruta varía en el rango del 28-33%, con escasa proporción de aminoácidos azufrados y triptófano, y un porcentaje de lisina moderado.
- e) Factores antinutritivos: posee sustancias termolábiles sin importancia en la práctica. Los alcaloides son parte de su composición, pero no suelen sobrepasar los 0,5 g/kg. Algunas variedades pueden llegar a los 20g/kg, dando un sabor amargo al pienso.
- f) Digestibilidad: muestra valores bastante altos en cuanto a digestión proteica y aminoacídica.

El 12% de la ración es su límite máximo de incorporación en las dietas para cerdos de cebo. Ello es debido, principalmente, a su bajo contenido en aminoácidos azufrados y triptófano, aunque en algunos casos se podría considerar a la fibra como limitante (FEDNA, 2019). Destaca por su alta concentración de manganeso (500-4000 ppm), que no provoca manifestaciones negativas en cerdos. Por otro lado, muestra un contenido muy limitado de

azufre. Se muestra, por lo general, como un ingrediente fácil de utilizar en el pienso y sin problemas en el almacenaje. Se ha observado que la inclusión de 350g de altramuza por kg de pienso en sustitución de la soja, en cerdos de 27kg hasta 108kg, parece no alterar la composición ni la calidad de la canal. El tiempo que tardaron los animales en llegar a los 108kg fue muy similar en dietas con o sin altramuza, no presentando efectos negativos en la GMD (Department of Primary Industries and Regional Development, sin fecha).

## **7. CONCLUSIONES**

El estudio bibliográfico de las materias primas propuestas permite la obtención de las siguientes conclusiones:

- i. En rangos de composición nutricional, ninguna presenta unos valores que permitan por sí sola la sustitución de la harina de soja como fuente de aminoácidos.
- ii. La clave del éxito se puede encontrar en la formulación de dietas en las que se combinen dos o más de los ingredientes estudiados, ya que parece existir gran complementariedad entre harinas de oleaginosas (pobres en lisina y con un perfil del resto de aminoácidos aceptable) y de proteaginosas (ricas en lisina y pobres en aminoácidos azufrados y triptófano).
- iii. Los límites máximos de uso establecidos (FEDNA, 2019) dificultan su competitividad con respecto a la soja, que carece de restricciones de ningún tipo.
- iv. Actualmente, sigue siendo necesaria la realización de pruebas y estudios científicos que refuercen la bibliografía existente sobre los rendimientos de los animales alimentados con estas materias primas, dando seguridad a empresas y ganaderos para realizar la incorporación paulatina de estos ingredientes en las fórmulas alimentarias porcinas con el fin de reducir de forma controlada la fracción de soja contenida en el pienso.
- v. Para la reincorporación competitiva de estos cultivos en la producción de piensos nacional, y tras los estudios científicos indicados en el punto anterior, se antoja necesaria la participación de instituciones gubernamentales, que por medio de subvenciones y conferencias atraigan la inversión de empresas fuertes del sector.

## **CONCLUSIONS**

The study of the literature about the proposed raw materials allows the formulation of the following conclusions:



- i. In ranges of nutritional composition, none of them have values that allow the sole replacement of soybean meal as a protein source.
- ii. The key to success can be found in the formulation of diets in which two or more of the studied ingredients are combined since it seems to be great complementarity between oilseeds (poor in lysine and with an acceptable profile of the rest of amino acids) and proteinaceous (rich in lysine and poor in sulfur and tryptophan amino acids).
- iii. The maximum limits established (FEDNA, 2019) for the raw materials investigated, make them difficult to compete with soybeans that lack restrictions of any kind.
- iv. Currently, scientific tests and studies are still necessary to strengthen the existing bibliography about the production rates of animals fed with these raw materials. These would give security to companies and pig farmers to proceed to the gradual incorporation of these ingredients in growing pig formulas in order to reduce in a controlled way the fraction of soybean contained in the feed.
- v. For the competitive reincorporation of these crops in the production of national feeds, the participation of government institutions seems necessary (after the scientific studies proposed in the previous paragraph) through subsidies and conferences that would attract the investment of strong companies in the pig meat sector.

## **8. VALORACIÓN PERSONAL**

La elaboración por primera vez de un trabajo de estas dimensiones y características académicas, me ha obligado a adaptar mis métodos de búsqueda de información y redacción para su adecuación a la magnitud del proyecto.

El uso de grandes bases de datos; el análisis de información altamente técnica de calado económico, productivo y nutricional; la selección de fuentes fiables y la correcta utilización de citas y referencias. Han supuesto el mayor reto para mí.

La redacción de esta revisión bibliográfica, me ha dado la oportunidad de poderme formar sobre un sector con tal importancia en la economía española y global como el porcino, así como poder afianzar y ampliar mis conocimientos sobre una materia con grandes aplicaciones futuras, como es la nutrición animal.

Es necesario mostrar mi agradecimiento a mi tutor, Antonio de Vega García, quien ha sabido guiarme a lo largo de la elaboración de este trabajo, mostrando su total disposición a ayudar siempre que lo he requerido. Sin olvidarme por supuesto de todos aquellos que desinteresadamente han aportado su granito de arena para la realización del trabajo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Acero Adámez, P. (2008). *Planificación y manejo de la explotación de ganado porcino*. Madrid: *Consejería de Agricultura y Ganadería*. Disponible en [http://bibliotecadigital.jcyl.es/j18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=10122175](http://bibliotecadigital.jcyl.es/j18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=10122175)

[Consultado: 11-11-2019].

Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (2020). **CROPS** Roma: *FAOSTAT*. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en> [Consultado: 3-2-2019].

Bauzá, R., Brambillasca, S., Fernández-García, M., Barreto, R., Silva, D., Bratschi, C., Cajarville, C., Repetto, J. L., Tejero, B., Bollazzi, I., Cardozo, A. y Rosas, F. (2018). *Estudio de alimentos alternativos al maíz y la harina de soja en dietas para cerdos en engorde*. Montevideo: *INIA*. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-58858.aspx> [Consultado: 5-11-2019].

Barros, G., Alves, L., Spolador, H., Osaki, M., Bartholomeu, D., Adami, A., Silva, S., Melo, G. y Almeida, M. (2006). *THE BRAZILIAN CERRADO EXPERIENCE WITH COMPETITIVE COMMERCIAL AGRICULTURE A Critical Review*. Disponible en [http://siteresources.worldbank.org/INTAFRICA/Resources/257994-1215457178567/CCAA\\_Brazil\\_case\\_study.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTAFRICA/Resources/257994-1215457178567/CCAA_Brazil_case_study.pdf) [Consultado: 3-11-2019].

Borrer, E. (2019). "Growth of the Meat Trade" *USDA Ag Outlook Forum*. Washington DC: 21 febrero 2019. Washington DC: *USMEF*. Disponible en [https://www.usda.gov/oce/forum/2019/speeches/Erin\\_Borrer1.pdf](https://www.usda.gov/oce/forum/2019/speeches/Erin_Borrer1.pdf) [Consultado: 6-2-2020].

Campabadal, C. (2010). *Técnica para Alimentación de Cerdos*. San José: *SUNII*. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00144.pdf> [Consultado: 10-11-2019].

Carazo Jiménez, L. (2018). "Situación y perspectivas del sector porcino europeo", *El sector porcino de la incertidumbre al liderazgo*. Lorca: 6 noviembre 2018. Granada: *Cajamar Caja Rural* pp. 47-63.

Carellós, D., Lima, J. A., F., Fialho, E. T., Freitas, R., Silva, H., Branco, P., Souza, Z. y Vieir, J. (2005). "Evaluation of sunflower meal on growth and carcass traits of finishing pigs". *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1), pp 208-215. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141370542005000100026&lng=en&tIng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542005000100026&lng=en&tIng=en) [Consultado: 17-11-2019].

Castell, A. G. (1976). ***Comparison of faba beans (vicia faba) with soybean meal or field peas (pisum sativum) as protein supplements in barley diets for growing-finishing pigs***. Melfort: Research Station, Agriculture. Disponible en <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjas76-053> [Consultado: 11-11-2019].

Collel, M. (2011). "Manejo en cebo - Parámetros a controlar". **3tres3.com**. 14 de febrero. Disponible en [https://www.3tres3.com/articulos/manejo-en-cebo-parametros-a-controlar-en-cebo\\_4401/](https://www.3tres3.com/articulos/manejo-en-cebo-parametros-a-controlar-en-cebo_4401/) [Consultado: 11-11-2019].

Department of Primary Industries and Regional Development (Western Australia) (2020). **Feeding lupins to pigs**. South Perth: DPIRD. Disponible en <https://www.agric.wa.gov.au/feeding-nutrition/feeding-lupins-pigs> [Consultado: 5-2-2020].

Ecoport. (2009). Ecoport database. Disponible en <http://www.ecoport.org> [Consultado: 3-11-2019].

España. Real Decreto 1221 / 2009 , de 17 de julio , por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo y por el que se modifica el Real Decreto 1547 / 2004 , de 25 de junio , por el que se establecen las normas .

España. Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. Boletín Oficial del Estado, 8 de marzo de 2000, núm 58.

EuropaBio, the European Association for Bioindustries. (2018). **European Soya Declaration tells only one half of the story**. Bruselas: EUROPABIO. Disponible en <https://www.europabio.org/agricultural-biotech/publications/european-soya-declaration-tells-only-one-half-story> [Consultado: 4-2-2020].

Florou-Paneri, P., Christaki, E., Giannenas, I., Bonos, E., Skoufos, I., Tsinas, A., Tzora, A. y Peng, J. (2014). "Alternative protein sources to soybean meal in pig diets". **Journal of Food, Agriculture and Environment**, 12(2), pp 655-660. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/272479939\\_Alternative\\_protein\\_sources\\_to\\_soybean\\_meal\\_in\\_pig\\_diets](https://www.researchgate.net/publication/272479939_Alternative_protein_sources_to_soybean_meal_in_pig_diets) [Consultado: 11-11-2019].

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2019) FEDNA.

Gil Pérez, R. (2018). "El liderazgo del sector porcino". **ADN-Agro**, 28 de Septiembre Disponible en [https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/noticias-agro/ano-2018/sep-2018/2018-09-28\\_09-21-58/](https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/noticias-agro/ano-2018/sep-2018/2018-09-28_09-21-58/) [Consultado: 10-11-2019].

Gil, S. (s. f.). **Coste fijo**. Disponible en <https://economipedia.com/definiciones/coste-fijo.html> [Consultado: 6-11-2019].

Grosjean, F., Cerneau, P., Bourdillon, A., Bastianelli, D., Peyronnet, C. y Duc, G. (2001). "Valeur alimentaire, pour le porc, de féveroles presque isogéniques contenant ou non des tanins et à forte ou faible teneur en vicine et convicine". *J. Rech. Porc.* 33, pp 205-210. Disponible en <http://journées-recherche-porcine.com/texte/2001/01txtAlim/A0107.pdf> [Consultado: 3-2-2020].

Harris, E. K., Berg, E. P., Gilbery, T. C., Lepper, A. N., Stein, H. H., & Newman, D. J. (2012). "Effects of replacing soybean meal with pea chips and distillers dried grains with solubles in diets fed to growing-finishing pigs on growth performance, carcass quality, and pork palatability". *The Professional Animal Scientist*, 28(1), pp 1-10. DOI 10.15232/S1080-7446(15)30310-7.

Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., Lessire, M., y Lebas, F. (2017). **Soybean seeds**. Disponible en <https://www.feedipedia.org/node/42> [Consultado: 3-2-2020].

Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., Lessire, M., y Lebas, F. (2019). **Sunflower meal**. Disponible en <https://www.feedipedia.org/node/732> [Consultado: 6-2-2020].

Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., Lessire, M., y Lebas, F. (2020). **Rapeseed meal**. Disponible en <https://www.feedipedia.org/node/52> [Consultado: 4-2-2020].

Higuera, M. Á. (2018). "El sector porcino español". *El sector porcino de la incertidumbre al liderazgo*. Lorca: 6 noviembre 2018. Granada: Cajamar Caja Rural pp 95-109.

Hirst, K. K. (2019). "The Domestication of Pigs: Sus Scrofa's Two Distinct Histories". *ThoughtCo*. 3 de julio. Disponible en <https://www.thoughtco.com/the-domestication-of-pigs-170665> [Consultado: 4-2-2020].

Inga Food. (2017). **Integración Porcina**. Disponible en <https://www.ingafood.es/programas/integracion-porcina/> [Consultado: 5-11-2019].

Instituto Nacional de Economía Social del Gobierno de México. (2018). **Porcicultura, una actividad milenaria**. México DF: INAES. Disponible en <https://www.gob.mx/inaes/es/articulos/porcicultura-una-actividad-milenaria?idiom=es> [Consultado: 3-11-2019].

Islas-Rubio, A. R., e Higuera-Ciapara, I. (2002). **SOYBEANS: Post-harvest Operations**. Disponible en <http://www.soiaefrutta.com/wp-content/uploads/2013/06/A.2.2-Estratto-FAO-Soybeans-post-harvest.pdf> [Consultado: 3-11-2019].

Johnson, L., y Smith, K. (2004). **Fact sheet: Soybean processing**. <http://www.soymeal.org/FactSheets/processing3.pdf> [Consultado: 3-11-2019].

Jones, D. B. (2006). "Corn and Soybeans: What's Here? What's Coming?". **Midwest Swine Nutrition Conference 2006**. Indianápolis, 7 de septiembre de 2006. pp 28-34 Disponible en <content/uploads/2015/05/MWSNC-Proceedings-2006.pdf> [Consultado: 7-11-2019].

Leclercq, B. (1998). "Concepto de proteína ideal y uso de aminoácidos sintéticos: Estudio comparativo entre pollos y cerdos". **XIV Curso de Especialización AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL**. Disponible en [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Proteina\\_ideal\\_y\\_Amino%C3%A1cidos\\_sint%C3%A9ticos.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Proteina_ideal_y_Amino%C3%A1cidos_sint%C3%A9ticos.pdf) [Consultado: 3-11-2019].

McDonald, R. A. ., Wilkinson, R. G. ., R.A.; E., Greenhalgh, J. F. D. ., Morgan, C. A. . y Sindair, L. A. (2010). **Animal Nutrition**. (7ª ed.) Londres: Pearson Disponible en <http://gohardanehco.com/wp-content/uploads/2014/02/Animal-Nutrition.pdf> [Consultado: 6-2-2020].

McOrist, S., Khampee, K., y Guo, A. (2011). "Modern pig farming in the People's Republic of China: Growth and veterinary challenges". **OIE Revue Scientifique et Technique**, 30(3), pp 961-968. DOI 10.20506/rst.30.3.2091

Menegat, Mariana B., Robert D. Goodband, Joel M. DeRouchey, Mike D. Tokach, Jason C. Woodworth, and Steve S. Dritz. (2019). **Kansas State University Swine Nutrition Guide: Protein Sources for Swine Diet**. Disponible en <https://www.asi.k-state.edu/research-and-extension/swine/swinenutritionguide/pdf/KSU%20Protein%20Sources%20for%20Swine%20Diet%20fact%20sheet.pdf> [Consultado: 4-2-2020].

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2010). **GUÍA DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES DEL SECTOR PORCINO**. Madrid: MAPAMA Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones> [Consultado: 3-11-2019].

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2019a). **EL SECTOR DE LA CARNE DE CERDO EN CIFRAS Principales Indicadores Económicos 2018**. Disponible en <https://www.mapa.gob.es/va/ganaderia/temas/produccion-y-mercados->

[ganaderos/indicadoreseconomicossectorporcinoano2018\\_tcm39-379728.pdf](#) [Consultado: 16-11-2019].

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2019b). **Leguminosas grano y oleaginosas.** Disponible en <https://www.mapa.gob.es/gl/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/leguminosas-y-oleaginosas/> [Consultado: 14-11-2019].

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2019c). **OLEAGINOSAS EN ESPAÑA, EN LA UE Y EN EL MUNDO (girasol, colza y soja).** Madrid: MAPAMA Disponible en [https://www.mapa.gob.es/gl/agricultura/temas/producciones-agricolas/anexo\\_oleaginosas\\_oct2019\\_tcm37-521011.pdf](https://www.mapa.gob.es/gl/agricultura/temas/producciones-agricolas/anexo_oleaginosas_oct2019_tcm37-521011.pdf) [Consultado: 13-11-2019].

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2019d). **Panel de información de cereales.** Madrid: MAPAMA Disponible en <https://www.mapa.gob.es/en/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/cereales/> [Consultado: 16-11-2019].

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2019e). **Sector porcino en España.** Disponible en <https://www.mapa.gob.es/en/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/porcino/> [Consultado: 15-11-2019].

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2020). **SEGUIMIENTO DE LOS MERCADOS DE OLEAGINOSAS Campaña 2019/2020 ENERO 2020 Semana 05.** Madrid: MAPAMA Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/cereales/evolucion-de-los-precios-de-los-principales-cereales/default.aspx> [Consultado: 7-2-2020].

Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2015). **Glosario de términos cualificación profesional: producción porcina intensiva.** Madrid: MEFP Disponible en [https://incual.mecd.es/documents/20195/1873855/AGA002\\_2\\_RV+-+A\\_GL\\_Documento+publicado/a90b4555-4303-43c4-bfa1-f0bc1d927ebb](https://incual.mecd.es/documents/20195/1873855/AGA002_2_RV+-+A_GL_Documento+publicado/a90b4555-4303-43c4-bfa1-f0bc1d927ebb) [Consultado: 10-11-2019].

Oficina Europea de Estadística. (2019). **Agriculture, forestry and fishery statistics** Luxemburgo: EUROSTAT Disponible en <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/KS-FK-19-001> [Consultado: 3-2-2020].

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2003). **World agriculture: towards 2015/2030 An FAO perspective**. Londres: FAO. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-y4252e.pdf> [Consultado: 6-11-2019].

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). **Cerdos y la producción animal**. Roma: FAO. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html> [Consultado: 12-11-2019].

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). **Meat Market Review, March 2019**. Roma: FAO. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca3880en/ca3880en.pdf> [Consultado: 6-2-2020].

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). **Perspectivas Agrícolas 2017-2026**. París: OCDE/FAO. Disponible en [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-es](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-es) [Consultado: 3-11-2019].

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). **Agricultural Outlook 2019-2028**. París: OCDE/FAO. Disponible en <https://doi.org/10.1787/22712dab-en> [Consultado: 3-2-2020].

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2020). **Meat consumption (indicator)**. París: OCDE. Disponible en [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/meat-consumption/indicator/english\\_fa290fd0-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/meat-consumption/indicator/english_fa290fd0-en) [Consultado: 6-2-2020].

Paramio, M. T., Manteca, X., Milan, M. J., Piedrafita, J., Izquierdo, M. D., Gasa, J., Mateu, E. y Pares, R. (2003). **Manejo y reproducción del porcino**. Disponible en <http://llojadevic.org/redaccio/arxiu/imatgesbutlleti/manual%20porcino%20final.pdf> [Consultado: 3-11-2019].

Pérez Hernández, J. F. (2010). "Estimación del coste de la proteína en los piensos actuales para porcino". **3tres3.com**, 16 abril. Disponible en [https://www.3tres3.com/articulos/estimacion-del-coste-de-la-proteina-en-los-piensos-para-porcino\\_2936/](https://www.3tres3.com/articulos/estimacion-del-coste-de-la-proteina-en-los-piensos-para-porcino_2936/) [Consultado: 7-11-2019].

Queck-Matzie, T. (2019). "An overview of pork production in the U.S.". **Successful Farming**. 12 de febrero. Disponible en <https://www.agriculture.com/livestock/hogs/an-overview-of-pork-production-in-the-us> [Consultado: 3-11-2019].

Shen, Y., y Orr, D. E. (2006). "World Pig Production, Opportunity or Threat?". **Midwest Swine Nutrition Conference 2006**. Indianápolis, 7 de septiembre de 2006. pp 3-9 Disponible en <content/uploads/2015/05/MWSNC-Proceedings-2006.pdf> [Consultado: 6-11-2019].

Shutterstock (s. f.). *Ciclo de crecimiento de la planta de soja aislada sobre fondo blanco*. *shutterstock.com*. Disponible en <https://www.shutterstock.com/> [Consultado: 6-2-2020].

SIP Consultors. (2019). **INFORME ECONÒMIC 2018 Resultats econòmics de les granges de producció porcina a Catalunya**. Barcelona: SIP Disponible en [http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de\\_departament/de02\\_estadistiques\\_observatoris/08\\_observatoris\\_sectorials/04\\_observatori\\_porci/informes\\_periodics\\_2018/E2\\_informe\\_economic\\_2018/fitxer\\_estatic/Informe-Economic-2018.pdf](http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/08_observatoris_sectorials/04_observatori_porci/informes_periodics_2018/E2_informe_economic_2018/fitxer_estatic/Informe-Economic-2018.pdf) [Consultado: 3-11-2019].

Stein, H. H., Roth, J. A., Sotak, K. M., y Rojas, O. J. (2013). "Nutritional value of soy products fed to pigs". **SWINE FOCUS**, 004. Disponible en <https://nutrition.ansci.illinois.edu/sites/default/files/SwineFocus004.pdf> [Consultado: 3-11-2019].

Unión Europea. Directiva 2001/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de marzo de 2001, sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente y por la que se deroga la Directiva 90/220/CEE del Consejo - Declaración de la Comisión.

Unión Europea. REGLAMENTO (CE) Nº 834/2007 DEL CONSEJO de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) no 2092/91.

United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service (2020). **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. Washington DC: USDA Disponible en [https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf) [Consultado: 6-2-2020].

Whitnall, T. y Pitts, N. (2019). "Global trends in meat consumption". **Agricultural Commodities VO** - 9, (1), 96. Disponible en <https://ezp.lib.unimelb.edu.au/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsibc&AN=edsibc.309517990386547&site=eds-live&scope=site> [Consultado: 14-11-2019].



Zanotto, D. L., Ludke, J. V., Guidoni, A. L., Gomes, P. C., Brum, P. A. R., y Ajala, L. C. (2009). "Utilização do farelo de canola em dietas para suínos em crescimento e terminação". **Archivos de Zootecnia**, 58(224), pp 717-728. DOI 10.4321/s0004-05922009000400009

Zhang, W. (2019). "Seven things to know about China to understand the trade war". **Ag Decision Maker, a business newsletter for agriculture**, 23, 6. Disponible en <https://www.extension.iastate.edu/agdm/articles/zhang/ZhaFeb19.html> [Consultado: 4-2-2020].

Zheng, Y., Yang, W., Sun, W., Chen, S., Liu, D., Kong, X., Tian, J. y Ye, X. (2020). "Inhibition of porcine pancreatic  $\alpha$ -amylase activity by chlorogenic acid". **Journal of Functional Foods**, 64. DOI [10.1016/j.jff.2019.103587](https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103587)